Herren John ...

35 Curzon Street May Fair

London

...





Ueber

Kohlensäureausscheidung

und

Sauerstoffaufnahme

während des Wachens und Schlafens beim Menschen

von

Dr. Max v. Pettenkofer und **Dr. Karl Voit.**

Vorgetragen in der Sitzung der mathematisch-physikalischen Classe der k. bayer. Akademie der Wissenschaften zu München am 10. November 1866 von Dr. M. v. Pettenkofer.

Druck von F. Straub in München.

Die Fortsetzung unserer gemeinschaftlichen Untersuchungen über den gesammten Stoffwechsel führte Professor Voit und mich auf ein merkwürdiges Verhältniss zwischen Kohlensäureabgabe und Sauerstoffaufnahme beim Menschen während des Tages und der Nacht, oder eigentlich während des Zustandes des Wachens und des Schlafens. Die Methoden, nach denen Kohlensäure, Wasser, Wasserstoff und Kohlenwasserstoff mit meinem Respirationsapparate bestimmt werden, habe ich in früheren Abhandlungen mitgetheilt; was die Bestimmung des aufgenommenen Sauerstoffs anlangt, verweise ich auf meine Vorträge in den Klassensitzungen vom 10. Mai und 14. Juni 1862 [1]), ferner auf meinen Vortrag vom 14. Februar 1863 [2]). Nach der dort mitgetheilten Methode ruht meine Bestimmung des Sauerstoffs auf der Ermittlung sämmtlicher beim Stoffwechsel betheiligter Gewichtsverhältnisse mit Ausnahme des Sauerstoffes selbst, welcher sich ebenso wie bei der organischen Elementaranalyse aus dem Verluste ergiebt und durch Ermittlung des Körpergewichtes vor und nach dem Versuche und des Gewichtes der Nahrung und des Getränkes, dann der Ausscheidungen

1) Sitzungsberichte Jahrgang 1862 Bd. II S. 56 u. S. 88.
2) Ebendas. Jahrgang 1863 Bd. I. S. 152.

durch Darm und Nieren, sowie durch Haut und Lunge gefunden wird. Auf die Sauerstoffzahl fallen mithin alle Fehler, welche bei den einzelnen Wägungen und Bestimmungen gemacht werden. Ich will daher zunächst darüber Aufschluss geben, wie viel dieser Fehler überhaupt und höchstens betragen kann.

Die Brückenwage, auf welcher der Mensch, der dem Versuche sich unterzieht, gewogen wird, gestattet eine Ablesung bis zu 5 Grammen, dieser Fehler kann somit 10 Grammen betragen. Die flüssige und feste Nahrung, sowie Harn und Koth werden auf einer Wage gewogen, die bis auf 0,1 Gramm sichere Angaben macht, was also bei 10 Wägungen erst einen Fehler von 1 Gramm ausmacht, den man der Grösse gegenüber, um die es sich handelt, vernachlässigen kann. Wir haben nun noch die Fehler in Rechnung zu ziehen, welche man bei Bestimmung der gasförmigen Ausgaben des Körpers mit dem Respirationsapparate machen kann. Die Kohlensäure kommt bekanntlich sehr genau und ist der Fehler nach dem Ergebniss der Controlversuche mit Kerzen nicht höher als 10 Grammen in 24 Stunden anzunehmen. Das Wasser erhält man nach Ausweis der Controlversuche bei einer Ventilation von 300000 Litern in 24 Stunden bis auf etwa 30 Grammen sicher. Die Ausscheidungen von Wasserstoff und Grubengas sind beim Gesunden höchst unbedeutend, ihr Gewicht beträgt in der Regel nicht 10 Grammen, und man begeht somit, selbst wenn man sie vernachlässigt, nur einen solchen Gewichtsfehler. Nebst dem Körpergewichte muss auch als grosser hygroskopischer Körper das im Apparate befindliche Bett vor und nach dem Versuche gewogen werden. Da diess auf derselben Wage geschieht, auf welcher der Mensch gewogen wird, so kann man hiefür wieder einen Fehler von 10 Grammen rechnen. Nimmt man nun an, dass die verschiedenen

möglichen Fehler sich nicht theilweise compensiren, sondern dass sie alle auf ein und dieselbe Seite fallen, so hat man:

für Wägung des Menschen	10	Gramm
„ „ Bettes	10	„
Bestimmung der Kohlensäure . . .	10	„
„ des Wassers	30	„
„ des Wasserstoffs und des Kohlenwasserstoffs . . .	10	„
zusammen	70	Gramm.

Da es sich nun bei diesen Versuchen um 700 Gramm und darüber Sauerstoff handelt, so hat man keinen grösseren Fehler als 10 Procent der ganzen Grösse zu befürchten, ja man darf mit aller Bestimmtheit annehmen, dass der Fehler durchschnittlich ein viel kleinerer sein wird, da die Unsicherheit herüber und hinüber fallen und sich gegenseitig theilweise compensiren wird; die bisherigen Versuche von Voit und mir weisen diese Annahme auch als richtig aus.

Der Maximalfehler bei meinem Apparate ist mithin nicht wesentlich grösser, als bei den Untersuchungen von Sczelkow und Ludwig über den Gasaustausch in verschiedenen Organen[3]), die sich auf die Bunsen'schen Methoden stützen und welche nach Ludwig[4]) einen Maximalfehler von 8½ Procent im Sauerstoff veranlassen konnten.

Voit und ich untersuchten zunächst, wie viel ein kräftiger Arbeiter von 28 Jahren mit 60 Kilogr. Körpergewicht gegenüber einem Kranken, der an Diabetes mellitus leidet und mit dem wir uns schon seit einem Jahre beschäftigten, bei einer gewissen Kost Kohlensäure ausscheidet und Sauerstoff aufnimmt, und zugleich wollten wir den Unterschied im Gasaustausch zwischen Tag und Nacht, während Ruhe

---

3) Sitzungsbericht der mathemat. naturwissenschaftlichen Classe der k. k. Akademie in Wien 1862 Bd. 45 Abtheil. 2 S. 171.

4) Ebendas. S. 209.

und Arbeit kennen lernen. Der Respirationsapparat gestattet in seiner gegenwärtigen Einrichtung mit 4 Untersuchungspumpen leicht die Scheidung einer 24stündigen Untersuchung in zwei Zeithälften. Wir begannen den Versuch am 31. Juli 1866 Morgens 6 Uhr und beendigten ihn am 1. August Morgens 6 Uhr. Anfangs arbeiteten 4 Untersuchungspumpen, und es kamen dadurch 2 Proben der in den Apparat einströmenden und 2 Proben der daraus abströmenden Luft zur Untersuchung. Abends 6 Uhr wurden 2 Pumpen ausgeschaltet, der Mann gewogen etc. und die beiden anderen Pumpen arbeiteten die Nacht durch bis zu Ende des Versuches fort. Das Resultat der Untersuchung von Morgens bis Abends 6 Uhr (der Zeit des Tages) vom Gesammtresultat der 24 Stunden abgezogen, musste die Ausgabe und Einnahme während der übrigen 12 Stunden (der Zeit der Nacht) erkennen lassen. Eine erschöpfende Beschreibung der Versuche werden wir in der Zeitschrift für Biologie veröffentlichen, die Aufmerksamkeit der verehrlichen Classe erlaube ich mir nur mit einigen Resultaten in Anspruch zu nehmen, die mir von ganz besonderem Interesse scheinen.

Der Tag vom 31. Juli bis 1. August sollte für unsern Versuchsmann ein Tag der Ruhe sein. Der Mann genoss den Tag über mittlere Kost, die ihren Elementen nach genau bestimmt war, zu Zeiten, wie er auch sonst gewohnt war. Er beschäftigte sich den Tag über nur so viel, um sich der Langweile zu erwehren; theils las er Zeitungen und Erzählungen, theils beschäftigte er sich, da er Mechaniker und Uhrmacher ist, mit einer kleinen Uhr, die er mit in den Apparat genommen hatte, um sie zu zerlegen, vom Staube zu reinigen und wieder zusammenzusetzen. Abends 8 Uhr begab er sich zur Ruhe, und schlief vortrefflich bis Morgens 5 Uhr, wo er geweckt wurde. Sein Befinden während des Versuches war ein in jeder Beziehung normales. In der folgenden Tabelle bezeichne ich die Zeit von 6 Uhr Morgens bis

6 Uhr Abends mit Tag und die darauffolgende Zeit bis 6 Uhr Morgens mit Nacht. Die Zahlen für Kohlensäure, Wasser, Harnstoff und Sauerstoff sind Gramme. Die Zahl in der letzten Rubrik ist eine Verhältnisszahl, welche ausdrückt, wie viel Sauerstoff in der ausgeschiedenen Kohlensäure gegenüber 100 aus der Luft aufgenommenem Sauerstoff enthalten sind.

31. Juli 1866. Ruhetag.

Tageszeit.	Ausgeschiedene			Aufgenommener Sauerstoff.	Verhältniss-Zahl.
	Kohlensäure.	Wasser.	Harnstoff.		
Tag	532,9	344,4	21,7	234,6	175
Nacht	378,6	483,6	15,5	474,3	58
Zusammen	911,5	828,0	37,2	708,9	94

Am 3. August Morgens 6 Uhr trat derselbe Mann wieder in den Apparat ein, um 24 Stunden darin zu verweilen. Diessmal sollte es kein Ruhetag, sondern ein Arbeitstag für ihn sein. Er hatte ein Rad mit einer Kurbel zu treiben. Das Rad wurde mit so viel Gewicht belastet, bis der Widerstand in der Axe nach dem Gefühle des Arbeiters so gross war, wie er gewöhnlich bei Drehbänken in mechanischen Werkstätten ist, die durch ein von der Hand getriebenes Schwungrad bewegt werden. Hiefür war ein Gewicht von 25 Kilo nöthig, welches an einer Rolle in einer um das Rad gelegten Kette schwebend hieng. Der Mann machte mit Unterbrechungen für Ruhe und Mahlzeiten, wie sie bei Arbeitern gewöhnlich sind, am Tage 7323 Umdrehungen, und beendigte die Arbeit Abends 5 1/2 Uhr. Er fühlte sich zu dieser Zeit ermüdet, wie nach einer anstrengenden Arbeit oder einem längeren Marsche. Die Kost war den Tag

über genau dieselbe, wie am 31. Juli, ebenso die Zeit, zu welcher er sie verzehrte. Er genoss nur etwa 600 Grammen mehr Wasser, welches man ihm an beiden Tagen nach Belieben trinken liess. Nach dem Abendessen begab er sich bald zur Ruhe, schlief bald ein, und erwachte erst Morgens nach 5 Uhr, wo er sich ganz wohl und wieder neu gestärkt fühlte.

3. August 1866. Arbeitstag.

Tageszeit.	Ausgeschiedene			Aufgenommener Sauerstoff.	Verhältniss-Zahl.
	Kohlensäure.	Wasser.	Harnstoff.		
Tag	884,6	1094,8	20,1	294,8	218
Nacht	399,6	947,3	16,9	659,7	44
Zusammen	1284,2	2042,1	37,0	954,5	98

Vergleicht man nun in diesen beiden Versuchen Tag und Nacht, Ruhe und Arbeit untereinander, so treten uns die merkwürdigsten Verhältnisse entgegen. Beim Ruheversuch findet man trotz der Ruhe am Tage einen grossen Unterschied zwischen Tag und Nacht in der Kohlensäureausscheidung und in der Sauerstoffaufnahme. Bei Tag viel mehr Kohlensäure, hingegen viel weniger Sauerstoff als bei Nacht. Von der in 24 Stunden überhaupt ausgeschiedenen Kohlensäure-Menge treffen auf den Tag 58 Procent und 42 Procent auf die Nacht, während von der aufgenommenen Sauerstoffmenge nur 33 Procent auf den Tag und 67 Procent auf die Nacht treffen.

Die Ausscheidung des Harnstoffes ist, wie man bereits weiss, bei Tag und Nacht nicht gleichmässig, es wird bei Tag immer mehr, als bei Nacht ausgeschieden. Am Ruhetag sehen wir die Ausscheidung des Harnstoffes in den bei-

den Tageshälften genau proportional der Kohlensäureausscheidung gehen, von beiden werden am Tage 58, und bei Nacht 42 Procent ausgeschieden.

Was am meisten überrascht, ist der Antagonismus in der Kohlensäureabgabe und Sauerstoffaufnahme zwischen den beiden Tageshälften selbst bei möglichster Vermeidung aller Muskelanstrengungen, am 31. Juli, am Ruhetag. Man sieht also, dass das blosse Wachen, das blosse Aufnehmen von sinnlichen Eindrücken schon auf den Stoffwechsel wirkt, dass sich die Kohlensäurebildung dadurch vermehrt, wie bei Muskelarbeit, und es wird uns verständlich, warum manche Kranke bitten, man soll die Fenster verhängen und kein Geräusch machen und sie nicht anreden. Jede Wahrnehmung ist mit einer Ausgabe verbunden.

Diesen Antagonismus zwischen Tag und Nacht sehen wir noch sich steigern, wenn wir den Arbeitstag mit in Vergleich ziehen. An diesem Tage, am 3. August, steht die Kohlensäure-Abgabe und Sauerstoff-Aufnahme genau im umgekehrten Verhältnisse bei Tag und Nacht. Von der in 24 Stunden abgegebenen Kohlensäure kommen 69 Procent am Tage und 31 Procent in der Nacht, während vom Sauerstoff am Tage 31 Procent und in der Nacht 69 Procent aufgenommen werden, also genau umgekehrt.

Am Tage, während des Wachens erzeugen wir somit jedenfalls einen grossen Theil der Kohlensäure auf Kosten des Sauerstoffes, welchen wir in einer vorausgegangenen Zeit der Ruhe und des Schlafes aufgenommen haben. Unser Wille findet für seine willkürlichen Bewegungen das Material schon vorbereitet, er braucht gleichsam die geladene Flinte oder die gespannte Feder nur loszudrücken.

Um was wir an einem Tage mehr Sauerstoff verbrauchen, als an einem andern, um das nehmen wir in der darauffolgenden Nacht wieder Ersatz auf, und so lange wir diess thun und vermögen, sind wir jeden Morgen neu zur Arbeit

gerüstet. Diess spricht sich sehr deutlich in Zahlen aus, wenn man die beiden Versuchstage im Ganzen miteinander vergleicht. Am Ruhetage wurden 911 Grammen Kohlensäure ausgeschieden, und 708 Grammen Sauerstoff aus der Luft aufgenommen, am Arbeitstage 1284 Kohlensäure und 954 Sauerstoff. Es wurden somit im Ganzen am Arbeitstage 373 Grmm. Kohlensäure mehr, als am Ruhetage ausgeschieden und 246 Grmm. Sauerstoff mehr aufgenommen. Da beim Menschen seiner gemischten Kost entsprechend nahezu ebensoviel Sauerstoff für den Gesammtstoffwechsel nothwendig ist, als in der ausgeschiedenen Kohlensäure enthalten ist, so kann man sich fragen, ob die am Arbeitstage mehr ausgeschiedene Kohlensäure wenigstens annähernd so viel Sauerstoff enthält, als am Arbeitstage auch mehr Sauerstoff aufgenommen worden ist, und die Antwort stimmt befriedigend mit der Voraussetzung überein, denn 373 Grmm. Kohlensäure enthalten 271 Grmm. Sauerstoff und 246 weist der Versuch nach. Die Differenz von 25 Grmm. kann nach dem Eingangs gesagten Versuchsfehler sein.

Höchst auffallend ist, dass am 3. August während der Arbeit, bei grosser körperlicher (Muskel-) Anstrengung keine erheblich grössere Sauerstoffaufnahme, als am 31. Juli während der Ruhe stattfand. Am 31. Juli, wo unser Mann keine grössere Muskelanstrengung hatte, als vielleicht mancher Schlafende, der sich im Bette wälzt und mit den Armen um sich schlägt, auch hat, wo er grösstentheils auf dem Stuhle oder auf dem Bette sass und sich nur mit Lektüre und dem Zerlegen einer kleinen Uhr befasste, nahm er von Morgens bis Abends 6 Uhr 234 Grmm. Sauerstoff auf, und am 3. August, wo er bis zu starker körperlicher Ermüdung arbeitete, und viel mehr Kohlensäure ausschied, nahm er in der gleichen Zeit nur 295 Grmm. Sauerstoff, also nur um 43 Grmm. mehr, als in der Ruhe auf. Daraus ersehen wir deutlich, dass es nicht das Bedürfniss nach Sauerstoff sein

kann, welches uns bei körperlicher Anstrengung zu häufigerem und tieferem Athemholen zwingt, sondern das Bedürfniss, die mehr erzeugte Kohlensäure los zu werden, und die Hitze des Blutes zu mässigen.

Die Vertheilung der Mengen auf Tag und Nacht, bei Ruhe und Arbeit zeigt für die Kohlensäureabgabe relativ eine viel grössere Schwankung als für die Sauerstoffaufnahme, wie aus folgender Zusammenstellung hervorgeht.

	von 100 Kohlensäure werden ausgeschieden		von 100 Sauerstoff werden aufgenommen	
	bei Tag	bei Nacht	bei Tag	bei Nacht
bei Ruhe	58	42	33	67
„ Arbeit	69	31	31	69

Die Sauerstoffaufnahme des Körpers im Wachen und Schlafen, an Ruhetagen und Arbeitstagen geht relativ regelmässiger vor sich, als die Sauerstoffabgabe oder die Bildung der Kohlensäure.

Merkwürdig ist auch noch der Parallelismus der Kohlensäureabgabe während der Nacht mit der Sauerstoffaufnahme während des Tages. Gleichwie am Tage kein grosser Unterschied in der Sauerstoffaufnahme ist, es mag der Mensch körperlich arbeiten oder ruhen, so ist auch in der Nacht kein erheblicher Unterschied in der Kohlensäure-Ausscheidung, der Mensch mag den Tag über sich körperlich angestrengt haben oder nicht. Beim Arbeitsversuche hat unser Mann nur 60 Grmm. Sauerstoff mehr aufgenommen und in der darauffolgenden Nacht nur 21 Grmm. Kohlensäure mehr ausgeschieden, als zu der entsprechenden Zeit des Ruheversuches. Es ist gewiss nicht zufällig, dass der Sauerstoff, welcher in der Kohlensäure der Nacht sowohl

beim Ruhe- als beim Arbeits-Versuch ausgeschieden wird, sehr annährend soviel beträgt, als der in der vorausgehenden Tageszeit aus der Luft aufgenommene Sauerstoff. In 379 Nacht-Kohlensäure des Ruheversuches sind 275 Sauerstoff enthalten, während den Tag über 234 aufgenommen wurden, und in 400 Nacht-Kohlensäure des Arbeitsversuches sind 291 Sauerstoff enthalten, während den Tag über 295 aufgenommen wurden.

Noch ein Unterschied zwischen Ruhetag und Arbeitstag nimmt unsere Aufmerksamkeit wegen seines hohen Betrages in Anspruch, nämlich die Wasserabgabe durch Haut und Lunge. Die beiden Versuche folgten in der Zeit so schnell aufeinander (31. Juli und 3. August), dass man weder an einen grossen Wechsel im Körperzustande des Individuums, noch in den atmosphärischen Verhältnissen denken kann, sondern den Unterschied lediglich als Folge der Muskelanstrengung betrachten muss. Die atmosphärischen Verhältnisse an den beiden Versuchstagen waren eher einem andern Verhältniss günstig, als sich ergeben hat. Die Wasserausscheidnng betrug am Ruhetag 828 Grmm., und am Arbeitstag 2042, also das 2 ½ fache. An beiden Tagen vertheilt sich die Wasserabgabe ziemlich gleichheitlich auf die beiden Tageshälften. Beim Ruheversuch wurden am Tage durch Haut und Lungen 344, in der Nacht 483 Grmm. Wasser abgegeben, hingegen beim Arbeitsversuche am Tage 1095, in der sich anschliessenden Nacht 947. Die Wasserabgabe durch Haut und Lungen steigt und fällt somit nicht in der Weise, wie die Kohlensäure oder der Sauerstoff, sondern befolgt ihren eigenen Rythmus. Auf dieses ganz neue Gebiet will ich nicht weiter eingehen, ich will einstweilen nur auf den merkwürdigen Umstand aufmerksam machen, dass der Mensch nicht nur während einer anstrengenden Arbeit momentan in Schweiss geräth, sondern dass er auch noch in der darauffolgenden Nacht mehr transpirirt, als

nach einem ruhig verlebten Tage, wahrscheinlich um sich vollends abzukühlen.

Die Versuche von Regnault und Reiset über die Respiration der Grasfresser, sowie die Versuche von Voit und mir über die Fleischfresser haben gezeigt, dass binnen 24 Stunden sehr regelmässige und constante Verhältnisse zwischen der Menge des aus der Luft aufgenommenen Sauerstoffes und der aus dem Blute ausgeschiedenen Kohlensäure je nach der Zusammensetzung der Nahrung sich ergeben. Wir haben auf diese Art eine sehr wohl zusammenstimmende Gleichung für die Einnahmen und Ausgaben eines 30 Kilo schweren Hundes bei reiner Fleischnahrung aufgestellt.[5]) Es gelang uns im Einzelnen nachzuweisen und zu zeigen, wie der Hund, nachdem er mit seiner Kost im Gleichgewicht war, mit ihr täglich alle seine Körperausgaben in Harn und Koth sowie in Respiration und Perspiration bestritt, wie viel er dazu Sauerstoff aus der Luft nöthig hatte und wirklich aufnahm. Ich sehe jetzt ein, dass Regnault und wir bloss desshalb constante Resultate für die Respirationsprodukte erhielten, weil wir einen so langen Zeitraum der Untersuchung unterworfen hatten. Hätten wir nur eine, oder sechs, oder selbst zwölf Stunden untersucht und nicht summarisch die innerhalb 24 Stunden, innerhalb Tag und Nacht wechselnden Zustände in unsere Beobachtung eingeschlossen gehabt, so hätten wir nicht die mindeste Uebereinstimmung zwischen Einnahmen und Ausgaben des Körpers erwarten dürfen, was auch andere Forscher bereits erfahren haben, die nur sehr kurze Zeiträume und nicht 24 Stunden beobachtet haben.

Sczelkow hat unter Ludwig's Leitung höchst geistreiche Versuche über den Gasaustausch in verschiedenen

---

5) Sitzungsberichte Jahrgang 1863 Bd. I S. 547.

Organen an Kaninchen angestellt und die in gleichen Zeiten aufgenommenen Mengen Sauerstoff und ausgeschiedenen Mengen Kohlensäure während 10 bis 20 Minuten lang beobachtet.[6]) Ludwig wusste aus den Versuchen von Regnault und Reiset mit aller Bestimmtheit, dass bei Kaninchen in 24 Stunden entsprechend der Zusammensetzung ihrer Nahrung durchschnittlich so viel Volume Kohlensäure ausgeschieden, als Sauerstoff aufgenommen werden, dass mithin dem Gewichte nach der in der Kohlensäure ausgeschiedene Sauerstoff genau so viel betragen muss, wie der durch die Lungen aufgenommene Sauerstoff. Sczelkow, dessen Versuche 10 bis 20 Minuten währten, hat äusserst selten dieses Verhältniss von 100 zu 100 gefunden, sondern meistens grösser oder kleiner, und zwar in solchem Grade, dass die Verhältnisszahl von 100 bis 40 abwärts und 131 aufwärts schwankt. Ganz ähnliche Resultate hat eine neuere Arbeit in dieser Richtung von Kowalewsky unter Ludwig's Leitung[7]) ergeben.

Voit und ich hatten beim Hunde gefunden, wo wir die Untersuchung 24 Stunden lang fortsetzten, dass die Zahl, welche das Verhältniss zwischen dem aus der Luft aufgenommenen Sauerstoff und dem in der ausgeschiedenen Kohlensäure enthaltenen ausdrückt, bei reiner Fleischkost 100 zu 82 ist, während die Rechnung 81,4 verlangt. Tritt neben Fleisch (oder Eiweiss) auch Fett in die Verbrennung ein, so verringert sich die Verhältnisszahl für den Sauerstoff in der Kohlensäure; treten daneben Kohlenhydrate ein, so erhöht sie sich. Bei Fett allein würden wir die Zahl 73, bei Zucker oder Stärke allein 100 haben. Die Zahl kann sich, wie wir

---

6) Sitzungsberichte der mathemat. naturwissenschaftl. Classe der k. k. Akademie zu Wien Jahrgang 1862 Bd. 45 Abth. II S. 171.

7) Berichte der k. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, mathemat.-phys. Classe, Sitzung vom 30. Mai 1866.

früher gezeigt haben[8]), beim Hunde bei reichlicher Beimischung von Stärke oder Zucker zum Fleische und unter gewissen Verdauungszuständen beträchtlich, selbst bis zu 140 erheben, in dem Maasse als die Kohlenhydrate zur Entwicklung von Wasserstoffgas und Grubengas Veranlassung geben. Bei der gemischten Kost des Menschen bewegt sich diese Verhältnisszahl gewöhnlich zwischen 88 und 98. In den beiden vorher mitgetheilten Versuchen ist sie einmal 94, das andermal 98.

Nimmt man aber nicht 24 Stunden zusammen, sondern nur eine Tageshälfte, so findet man Verhältnisszahlen, die ohne Berücksichtigung der andern Tageshälfte in Bezug auf die Zusammensetzung der Nahrung ohne allen Zusammenhang, ja gerade absurd erscheinen. Setzt man z. B. bei dem Versuch am 31. Juli, beim Ruhetag, dieses Verhältniss an, so findet man, dass auf 100 am Tag aus der Luft aufgenommenen Sauerstoff 165 schon bloss in der ausgeschiedenen Kohlensäure enthalten sind, hingegen in der Nacht nur 58. Im Arbeitsversuche am 3. August werden am Tag auf 100 aufgenommenen Sauerstoff sogar 218 Sauerstoff mit der Kohlensäure ausgeschieden, in der Nacht hingegen nur mehr 44.

Unsere Versuche weisen mit aller Bestimmtheit darauf hin, dass der aufgenommene Sauerstoff eigentlich gar nie sofort zur Oxydation bis zu den letzten Produkten der Verbrennung verwendet wird, sondern dass die Oxydation Zwischenstadien durchläuft, die den Sauerstoff stundenlang im Körper beschäftigen, ehe er in der Form von Kohlensäure und Wasser wieder austritt. Darauf haben von jeher die Respirationsuntersuchungen über den Winterschlaf der Murmelthiere hingewiesen, die zwischen

---

8) Pettenkofer und Voit: Ueber die Ausscheidung von Wasserstoffgas bei der Ernährung des Hundes mit Fleisch und Stärkemehl oder Zucker. Sitzungsberichte Jahrgang 1862 Bd. II S. 88.

2 Wägungen, wenn sie gerade nicht Harn und Koth lassen, häufig an Gewicht zunehmen, trotzdem dass sie constant etwas Wasser und Kohlensäure an die umgebende Luft abgeben[9]). Wenn unser Versuchsmann in der Nacht nach der Arbeit gleich einem Murmelthier den Harn in der Blase behalten und weniger Wasser, etwa nur 200 Grmm., abgedunstet hätte, so hätte er bis zum Morgen trotz einer Kohlensäureausscheidung von 400 Grmm. immer noch um 60 Grmm. an Gewicht zugenommen, da er 660 Grmm. Sauerstoff aufgenommen hat. Man sieht, dass der Schlaf des Menschen sich wesentlich nicht vom Winterschlaf des Murmelthieres unterscheidet.

Ludwig ist geneigt, trotz des Nichterscheinens der Kohlensäure doch eine mit der Sauerstoffaufnahme gleichmässig fortschreitende Bildung derselben für möglich zu halten, und deren nicht momentanes Erscheinen in der Respiration durch eine zeitweise Zurückhaltung im Blute und in den Organen zu erklären, etwa so, dass während der 10 oder 20 Minuten, welche der Versuch dauert, so viel Kohlensäure gebildet, aber zurückgehalten würde, als in darauffolgenden 10 oder 20 Minuten wieder mehr ausgeschieden werden könnte. Unsere Versuche aber zeigen, dass es sich bei Nacht um eine solche Aufspeicherung von Sauerstoff handelt, dass dessen Aequivalent Kohlensäure im Körper unmöglich so lange zurückgehalten werden könnte, jedenfalls ist diess nicht beim gesunden Menschen der Fall, bei dem die Differenz in der Menge und in der Zeit zu gross ist,

---

9) F. Sacc bei Regnault und Reiset, chemische Untersuchungen über die Respiration der Thiere. Annal. der Chem und Pharm. Bd. 73. S. 275.

10) Valentin, Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere in Maleschott's Untersuchungen zur Naturlehre Bd. II. S. 302.

so dass wir schon den Hauptunterschied in einem Einflusse des Wachens und Schlafens auf die Kohlensäurebildung annehmen müssen.

Bei kranken, oder verwundeten Organismen, bei Vivisektionen oder unter sonstigen abnormen Umständen ist es ohne Zweifel anders, da kann es selbst so sein, wie Ludwig angiebt, dass es aber wie beim gesunden Menschen, so auch bei gesunden Thieren ist, wenn sie unter normalen Umständen leben und athmen, hat Professor Henneberg bereits in einer Reihe von Untersuchungen an grossen Wiederkäuern klar bewiesen.

Die landwirthschaftliche Versuchsstation in Weende bei Göttingen hat bekanntlich einen Respirationsapparat nach dem Muster des hiesigen gebaut, nur mit einer viel grösseren und anders eingerichteten Kammer, welche ausgewachsene Rinder aufzunehmen gestattet. Henneberg machte im Sommer des vorigen Jahres 1865, unterstützt von seinen beiden Assistenten Dr. Kühn und Dr. Hugo Schultze, bereits mehrere Reihen von Versuchen an 2 Ochsen, die 11 bis 12 Stunden im Respirationsapparate beobachtet wurden, und zwar ausschliesslich während der Tagstunden: von den 22 Versuchen wurde kein einziger bei Nacht angestellt. Henneberg gieng von dem nach dem Stande unseres bisherigen Wissens ganz gerechtfertigten Grundsatze aus, dass es bei dem gleichmässig verdauenden Rinde gewiss genügend sein müsse, eine Respirationsbeobachtung 12 Stunden andauern zu lassen, und um die Grösse für den ganzen Tag mit 24 Stunden zu erhalten, das Resultat mit 2 zu multipliciren. Bisher hatte man sich ja vielfach mit Zeiträumen von weniger als einer Stunde begnügt und vom Resultat viel kürzerer Zeiträume auf 24 Stunden geschlossen. Die Zahlen, welche Henneberg für die während 12 Stunden (Tag) ausgeschiedene Kohlensäuremenge und den aufgenommenen Sauerstoff fand, konnten weder mit den Zahlen von

Regnault und Reiset für Grasfresser, noch mit den Zahlen von Voit und mir für Fleischfresser in irgend eine vernünftige Beziehung oder Zusammenhang gebracht werden; sie erschienen von unserm bisherigen Standpunkte aus betrachtet geradezu als räthselhafte Absurditäten, und es wurde die Fortsetzung der Versuche zur Lösung dieser Räthsel auf diesen Sommer verschoben, da im Winter wegen der Schwierigkeit der Heizung des grossen Apparates für so grosse Thiere etc. keine Versuche gemacht wurden. Dieser Sommer aber, der so manches Werk des Friedens in Deutschland mit seinen politischen Ereignissen empfindlich gestört hat, hat auch den Respirationsapparat in Weende nicht mehr in Thätigkeit kommen lassen, und so kam es, dass die Entdeckung von der Sauerstoffaufnahme in der Nacht und deren Verwendung am darauffolgenden Tage dem Münchner Apparate vorbehalten war, obschon sein Weender Sprössling sehr nahe daran war, ihm zuvorzukommen. Als ich Henneberg das Ereigniss mittheilte, verstand er auch hinreichend seine räthselhaften Versuchsresultate und erklärte es in seiner Weise als einen Akt historischer Gerechtigkeit, dass die Entdeckung in München gemacht wurde.

Ich gebe hier aus den Weender Versuchen von 1865 mehrere Zahlen, die mir Henneberg inzwischen zu diesem Zwecke mitgetheilt. Bei einem Ochsen I mit 640 Kilo mittlerem Körpergewicht wurden drei, bei einem andern Ochsen II mit 710 Kilo mittlerem Gewicht wurden fünf Fütterungsreihen untersucht. Bei jeder Reihe wurden mindestens 2, öfter auch 3, einmal selbst 4 Respirationsversuche gemacht, und das Mittel daraus genommen. Die Gewichte in der folgenden Tabelle sind als Gramme zu verstehen.

Fütterungsreihen.	In 12 Tagstunden ausgeschiedene				Harnstoffäquival. des verdauten Futters in 24 Stund.	In 12 Stunden aus der Luft aufgenommen. Sauerstoff.	Verhältnisszahl.	Anzahl der Versuche.
	Kohlensäure.	Wasser.	Grubengas.	Wasserstoff.				
Ochs I.								
1. Vom 18. Mai — 18. Juni 1865.	3728	4480	25	—	128	2037	131	2
2. Vom 23. Juni — 3. Juli . . .	2985	3665	28	—	139	1225	173	3
3. Vom 14. — 19. August . . .	3210	3480	23	28	128	1610	145	3
Ochs II.								
4. Vom 26. Mai — 11. Juni. . .	4638	5310	25	—	342	1745	193	2
5. Vom 18. — 27. Juni	4158	4851	28	—	171	1855	163	4
6. Vom 3. — 13. Juli	4505	6955	25	—	128	2490	132	3
7. Vom 20. Juli — 7. August . .	4898	5580	15	—	364	1378	259	3
8. Vom 14. — 30. August . . .	5248	5423	25	20	310	1723	222	2

Aus diesen zahlreichen Versuchen geht klar hervor, dass die am Tag ausgeschiedene Kohlensäure viel mehr Sauerstoff enthält, als dem aufgenommenen Sauerstoff entspricht. Bei diesen Versuchen fällt auch die Möglichkeit hinweg, die oft so bedeutende Ueberschreitung der mittleren Verhältnisszahl von 100, welche bei Grasfressern die Regel ist, etwa auf Kosten der Bildung einer ganz abnormen Menge Wasserstoff oder Grubengas zu erklären, denn beide Gase sind ja stets bestimmt worden und haben sich in so geringer Menge bemerkbar gemacht, dass damit nichts erklärt werden könnte. Da der Maximalfehler des Weender Apparates, der bei diesem wegen seiner Dimensionen und der grossen Ventilation für einen Ochsen grösser als beim hiesigen ist, durch Controlversuche ermittelt ist, aber auch nicht entfernt die beobachteten Schwankungen der Verhältnisszahl erklärt, so bleibt nichts übrig, als anzunehmen, dass der am Tag in Form von Kohlensäure erscheinende Sauerstoff grösstentheils in der vorausgehenden Nachtruhe aufgenommen war. Henneberg wird die Versuche nun wieder aufnehmen und auch die zweite Hälfte des Tages, während das Thier bei Nacht ruht, untersuchen, sobald die einstweilen preussisch gewordene Versuchsanstalt wieder Mittel dafür haben wird.

Die Weender Zahlen sind aber jetzt schon vom grössten Werthe, denn sie gestatten bereits eine Vergleichung mit den Tagzahlen beim Menschen und stimmen mit diesen in allen wesentlichen Beziehungen überein, ja sie lassen bereits deutlich eine Gesetzmässigkeit bei verschiedenem Eiweissgehalt des Futters erkennen, welche ein helles Streiflicht auf noch ferner liegende Pfade der Forschung wirft.

Von den in der vorletzten Rubrik enthaltenen Verhältnisszahlen überschreiten nur 2 die auch beim Menschen gefundenen Tagzahlen. Am Ruhetag zeigt der Mensch die Verhältnisszahl 165, am Arbeitstag 218; beim Ochsen I ist das Maximum 173, beim Ochsen II steigt es einmal bis 259.

Wenn man die sämmtlichen Verhältnisszahlen der verschiedenen Fütterungsreihen mit den Zahlen vergleicht, welche in der Rubrik für den in 24 Stunden durch die Nieren ausgeschiedenen Stickstoff, der der Einheit wegen auf Harnstoff berechnet angegeben ist, und als ein zuverlässiges Maass für die in 24 Stunden assimilirten stickstoffhaltigen, eiweissartigen Bestandtheile des Futters angesehen werden darf, so leuchtet sofort eine innige Beziehung zwischen beiden Rubriken hervor. Ganz ausnahmslos zeigt sich nämlich bei jedem Thier und bei jedem Versuche, dass die Verhältnisszahl mit der Harnstoffzahl steigt und fällt. In Worten ausgedrückt heisst das soviel, als mit der Vermehrung des Eiweisses in der Nahrung steigt die Fähigkeit des Körpers, während der Zeit der Ruhe und des Schlafes Sauerstoff aufzuspeichern, um ihn am Tage nach Bedürfniss zu verwenden.

Es bringt mich diess auf eine Entdeckung zu sprechen, welche Voit[11]) vor 6 Jahren wider Erwarten und zum Staunen aller gemacht hat, nämlich dass bei der grössten Anstrengung der Muskeln nicht mehr und nicht weniger Eiweiss zersetzt wird, als bei vollkommener Ruhe; sein Hund mochte 24 Stunden ruhig im Käfig gelegen haben, oder an einem andern Tage zeitweise 1700 Umgänge in einem 3 Meter durchmessenden Tretrade hervorgebracht haben. Der Hund leistete die gleiche Arbeit, einmal nachdem er 4 Tage lang gehungert, wobei er täglich 12 Grmm. Harnstoff ausschied, ein andermal nachdem er täglich mit 1500 Grmm. Fleisch gefüttert worden war, wobei er sowohl in der Ruhe als bei Bewegung täglich über 100 Grmm. Harnstoff lieferte.

Das Gleiche ist nun am Menschen bewiesen. Unser Versuchsmann schied am 31. Juli, wo er ruhte, 37 Grmm.

---

11) Untersuchungen über den Einfluss des Kochsalzes, des Kaffee's und der Muskelbewegung auf den Stoffwechsel von Voit. München 1860. Cotta's literar. artist. Anstalt.

Harnstoff[12]) aus, ebenso am 3. August, wo er bei gleicher Kost angestrengt bis zur Ermüdung arbeitete. An beiden Tagen schied er genau so viel Stickstoff durch Nieren und Darm aus, als in der aufgenommenen Nahrung enthalten war. An diesen beiden Tagen zeigt die Ausscheidung von Stickstoff (Harnstoff) zwischen Tag und Nacht keine Aenderungen durch die Erhöhung der Muskelarbeit, ja an dem Tage der Arbeit wird in der ersten Hälfte sogar etwas weniger Harnstoff als am Ruhetage beobachtet, was übrigens von der vielleicht nicht ganz gelungenen Entleerung der Harnblase zu Ende dieser Tageshälfte herrühren kann. Die Entdeckung Voit's, dass die erhöhte Muskelarbeit keine erhöhte Eiweisszersetzung hervorruft, ist nun auch beim Menschen gegen jede Einrede sicher gestellt.

Trotzdem hängt die Eiweissmenge der Nahrung auf das innigste mit den willkürlichen Kraftäusserungen zusammen und scheint mir hier namentlich das von Voit[13]) sogenannte Vorraths-Eiweiss des Körpers in Betracht zu kommen, wie aus den Versuchen von Henneberg deutlich hervorgeht. Henneberg findet, dass der Ochs II, mit dem die grösste Anzahl von Versuchen angestellt wurde, bei der geringsten Menge Eiweiss im verdauten Futter (Fütterungsreihe 6 mit Harnstoffäquivalent 128) während des Tages die absolut grösste Menge Sauerstoff (2490 Grmm.) aus der Luft aufnimmt, und dass er bei der grössten Menge Eiweiss im Futter (Fütterungsreihe 7 mit Harnstoffäquivalent 364) die absolut geringste Menge (1378 Grmm.) Sauerstoff am Tage braucht. Ich kann daraus nur den Schluss ziehen, dass der

12) Ich verstehe unter Harnstoff das Aequivalent des durch Nieren und Darm ausgeschiedenen Stickstoffes.

13) Ueber die Verschiedenheiten der Eiweisszersetzung beim Hungern. Von Carl Voit. Zeitschrift für Biologie B. II. 6. 318 bis 326.

grössere Eiweissgehalt des Futters eine bedeutendere Aufspeicherung von Sauerstoff im Körper zur Zeit der Ruhe und des Schlafes gestattet. Hätte das Thier bedeutende Muskelanstrengung machen, mechanische Arbeit verrichten müssen, so wären die Unterschiede bei diesen beiden Fütterungsreihen noch grösser geworden. Sämmtliche Versuche Henneberg's sprechen dafür, dass je eiweissärmer das Futter ist, desto weniger Sauerstoffvorrath in der Nacht angesammelt werden kann; desto mehr also Sauerstoff am Tage aufgenommen werden muss, wenn auch im Ganzen, in 24 Stunden weniger zu verbrennen ist.

Um die Vorstellung von der Nothwendigkeit eines Sauerstoffvorrathes im Körper für mechanische Kraftäusserungen noch weiter zu prüfen, theile ich zum Schlusse noch das Resultat der Respirationsversuche mit 2 Kranken mit. Es giebt zwei in der Regel jahrelang dauernde, unheilbare Krankheiten, welche den damit behafteten Menschen stets bei gutem Appetite, ja selbst hungrig erscheinen lassen; die Kranken haben aber trotz der reichlichsten und nahrhaftesten Kost nicht das geringste Gefühl von Kraft in ihren Muskeln, und der Schlaf erquickt sie nicht; sie klagen fortwährend über vollständige Abgeschlagenheit und Kraftlosigkeit am ganzen Körper. Das sind Diabetes mellitus und Leukämia lienalis. Prof. Dr. Rothmund junior machte uns auf einen Fall von Diabetes mellitus aufmerksam, der wegen grauen Staar's in seine Augenheilanstalt gekommen war. Der 21jährige Mann producirte, wenn man ihn essen liess so viel er wollte (es betrug annähernd das dreifache von dem, was ein Gesunder mit gutem Appetit bewältigen kann) in 24 Stunden über 100 Grmm. Harnstoff und 700 Grmm. Zucker: dabei blieb er stets so kraftlos, dass er kaum einen Stuhl heben konnte. Wenn er ein paar hundert Schritte weit gieng, war er todtmüde. Wir hatten diesen interessanten Fall ein Jahr lang in Beobachtung, stellten sieben 24stündige Respirationsver-

suche mit ihm an, über die wir in einer eigenen Abhandlung später berichten werden, und trennten zuletzt auch eine 24stündige Beobachtung zwischen Tag und Nacht. Das Resultat ist aus folgender Tabelle ersichtlich.

Tageszeit.	Ausgeschiedene				Aufgenommen. Sauerstoff.	Verhältnisszahl.
	Kohlensäure.	Wasser	Harnstoff.	Zucker.		
Tag . . .	359,3	308,6	29,6	246,4	278,0	94
Nacht . .	300,0	302,7	20,2	148,1	294,2	74
zusammen .	659,3	611,3	49,8	394,5	572,2	84

Der Kranke genoss zu den üblichen Zeiten Essen und Trinken. Gewöhnlich schlief er auch, und namentlich nach Tisch am Tage; bei diesem Versuche wurde er aber am Tage wach erhalten. Er beschäftigte sich mit etwas Lesen und Strumpfstricken. Abends schlief er nach 8 Uhr ein und stand Morgens kurz vor Beendigung des Versuches auf.

Auch einen andern, für Voit und mich sehr interessanten Kranken untersuchten wir. Professor Dr. Heinrich Ranke fand in seiner Praxis einen Fall von einer sehr hochgradigen Leukämia lienalis. Der Mann ist über 40 Jahre alt, und hatte zur Zeit, als wir ihn im Respirationsapparate beobachteten, $^1/_3$ weisse und nur mehr $^2/_3$ rothe Körperchen in seinem Blute. Er ist stets bei gutem Appetit, isst soviel als ein gesunder kräftiger Arbeiter, ist aber trotzdem höchst abgemagert und ganz kraftlos. Er schläft des Nachts 6 bis 7 Stunden, fühlt aber vor dem Einschlafen regelmässig Beklemmung und auch schon vorher einen Zustand von Auftreiben im Leibe (wahrscheinlich von einer periodisch grösseren Anschwellung der Milz in Folge der Verdauung). Während des Schlafes hat er stets starke Schweisse und fühlt

sich beim Erwachen kraftloser als beim Einschlafen: er erholt sich immer erst einige Zeit nach dem Aufstehen. Am 27. August wurden im Respirationsapparate seine Tag- und Nacht-Ausgaben und Einnahmen beobachtet.

Tageszeit.	Ausgeschiedene			Aufgenommener Sauerstoff.	Verhältnisszahl.
	Kohlensäure.	Wasser.	Harnstoff.		
Tag . . .	480,9	322,1	15,2	346,2	101
Nacht . .	499,0	759,2	21,7	329,2	110
Zusammen	979,9	1081,3	36,9	675,4	105

Die Nahrung an diesem Tage war so gegriffen, dass die der Zersetzung in 24 Stunden anheimfallende Eiweissmenge genau so viel betrug, wie bei unserm gesunden Versuchsmann — 37 Grmm. Harnstoff. Der Kranke hat in der Nácht etwa 6 Stunden geschlafen.

Was aus diesen beiden Versuchen mit Bestimmtheit hervorgeht, ist, dass diese Kranken nicht entfernt einen solchen Unterschied in der Kohlensäureausgabe und Sauerstoffaufnahme zwischen Tag und Nacht hervorzubringen im Stande sind, wie der Gesunde. Dieser Unterschied wird durch das Schwanken der Differenzzahl zwischen Tag und Nacht ausgedrückt. Der Diabetiker reiht sich im Rythmus noch näher an den Gesunden als der Leukämiker. Beim Gesunden (Ruheversuch) beträgt die Differenzzahl in 24 Stunden 94, am Tage hingegen 165, in der Nacht 58, sie schwankt also am Tage um 71 vom 24stündigen Durchschnitt aufwärts, und bei Nacht um 36 abwärts, es zeigt sich also im Ganzen eine Schwankung von 107. Beim Arbeitsversuche mit dem Gesunden ist die Differenzzahl für 24 Stunden 98, sie schwankt am Tage sogar um 120 aufwärts und um 54 bei

Nacht abwärts, so dass sich eine Schwankung im Ganzen von 174 ergiebt. Der Diabetiker geht von 84 auf 94 bei Tag hinauf, bei Nacht auf 74 herunter, macht also im Ganzen nur eine Schwankung von 20. Der Leukämiker geht am Tag von 105 auf 101 herunter, in der Nacht auf 110 hinauf, macht also gar nur eine Schwankung von 9 und auch diese noch im verkehrten Sinne. Bei diesem armen Kranken verkehrt sich auch die Harnstoffabscheidung zeitlich in das gerade Gegentheil vom Gesunden: der Gesunde scheidet in 24 Stunden die gleiche Menge Harnstoff wie der Leukämiker aus, 37 Grmm., aber in runden Zahlen bei Tag 21 bei Nacht 16, während der Leukämiker bei Tag 16 und bei Nacht 21 ausscheidet. Man sieht, dass ein Organismus mit so viel weissem Blute wesentlich anders arbeitet als einer mit rothem.

Hätten wir unsere Untersuchung nicht in diese zwei natürlichen Hälften, in Tag und Nacht getrennt, so hätte man dahin verleitet werden können, im Stoffwechsel im Allgemeinen zwischen einem Gesunden und einem Leukämiker gar keinen erheblichen Unterschied anzunehmen, denn der Gesunde scheidet am Ruhetage ganz ähnliche Kohlensäuremengen aus und nimmt ganz ähnliche Sauerstoffmengen auf, wie der Leukämiker. Ich will, um diess zu zeigen, ein paar Versuche mit dem Leukämiker, wo zwischen Tag und Nacht nicht unterschieden ist, neben den 24stündigen Versuch mit dem Gesunden stellen.

	Gesunder	Leukämiker		
		a.	b.	
Kohlensäure	911	980	970	Dauer des Versuches 24 Stunden.
Wasser . .	828	1081	1284	
Harnstoff .	37	37	34	
Sauerstoff .	709	675	790	

Einen merklichen Unterschied gewahrt man eigentlich nur in der Wasserabgabe, man könnte also sagen, der Leukämiker verhält sich nahezu wie ein Gesunder, er dunstet blos mehr Wasser ab, er transspirirt mehr, was aber der Gesunde, wie wir gesehen haben, zeitweise auch thut, denn am Tage der Arbeit hat der Gesunde in 24 Stunden sogar 2000 Grmm. Wasser abgedunstet. Wie gross aber ist der Unterschied, wenn man Tag und Nacht trennt! Da zeigt der Gesunde schon in der Ruhe eine Schwankung der Verhältnisszahl von 107, während der Leukämiker nur 9 zusammenbringt.

Sehr gespannt bin ich darauf, einmal Fieberkranke zu beobachten. Warum die Kranken durchschnittlich gegen Abend sich schlechter befinden, wird theilweise jedenfalls durch den Respirationsapparat beantwortet werden. Ich bin überhaupt begierig, welche Wandlungen unsre Vorstellungen über die Zwecke und den Mechanismus der Respiration durch genaue Stoffwechselversuche noch erfahren werden. Früher stellte ich mir mit vielen Andern vor, dass an dem Tage, wo vom Körper mehr mechanische Arbeit geleistet wird, auch proportional mehr Eiweiss zur Zersetzung kommen müsse; jedermann wusste ja, dass ein Pferd, welches mit Haber, mit eiweissreichem Futter ernährt wird, eine Zeit lang ganz anderer Kraftanstrengungen fähig ist, als wenn man es mit Heu und Stroh, mit einem eiweissarmen Futter, wenn auch reichlich, ernährt.

Seit der Entdeckung Voit's von der unveränderten Grösse der Eiweisszersetzung bei Ruhe und Arbeit stelle ich mir den aus der täglichen Nahrung entspringenden und durch unsere Organe gehenden sich zersetzenden Eiweissstrom wie eine Wasserkraft oder einen Mühlbach vor, der gleichmässig dahingeht, unbekümmert darum, wie viel die in ihm liegende Kraft ausgenützt wird oder nicht. Der Wille lässt sich mit dem Müller vergleichen, und die Muskeln mit den

mechanischen Einrichtungen der Mühle. Der Müller kann, ohne dass der Bach grösser oder kleiner zu werden braucht, mit ganzem, halbem, mit viertel und achtel Wasser arbeiten, es kommt darauf an, wie viel, und auf wie viel Gängen er mahlen will, ob auch seine Sägemühle gehen soll u. s. w. Aber das sieht jedermann ein, dass ein kleiner Bach dem Unternehmungsgeiste des Müllers früher Gränzen setzen wird, als ein grösserer Wasserreichthum, und in so ferne ist es auch begreiflich, dass der Haber einem Pferde mehr Kraft giebt, als das Heu, und dass ein wohlgenährter Mensch mehr Arbeit leisten kann, aber nicht leisten muss, als ein ausgehungerter, dessen Mühlgerinne nur zur Hälfte oder zum dritten Theile Wasser haben.

Auch unsere gegenwärtige Entdeckung scheint mir noch so ziemlich in diese bildliche Vorstellung zu passen, man hätte bloss dem Mühlbache noch einen Sammelteich oder eine Stauvorrichtung hinzuzufügen.

Aber man kann sich auch ein anderes Bild entwerfen. Wir sehen, dass der Sauerstoffstrom, der aus der Atmosphäre durch unsern Körper geht, dem der Zersetzung anheimfallenden Eiweissstrome aus der Nahrung proportional entgegengeht. Voit und ich haben diess am Hunde in einer grossen Zahl von Respirationsversuchen, die wir noch nicht veröffentlicht haben, bereits nachgewiesen und können es namentlich auch für den Menschen im gesunden Zustande festhalten. Der Eiweissstrom ist gleichsam die Hauptstrasse, auf welcher der Sauerstoff in den Körper gelangt; er ist das Communikationsmittel für den Verkehr mit der Atmosphäre und vermittelt so den Import und Export; die lebhaft kreisenden Blutkörperchen sind Fahrzeuge und der Sauerstoff ihre Fracht, die an den verschiedensten und entlegensten Punkten des Körpers, in allen Organen abgesetzt wird, um theils zu gleichmässig fortlaufenden Arbeiten verwendet, theils zeit- und stellenweise angesammelt zu werden, und

dann Arbeiten vollbringen zu helfen, die mit momentanen Zwecken zusammenhängen. Die Kohlensäure ist gleichsam die Rückfracht, welche diese nur unter dem Mikroskope sichtbaren Liliputanerfahrzeuge laden, deren natürlich auf einem grossen Strome mehr Platz haben, als auf einem kleinen. Trotz ihrer winzigen Grösse vermögen sie in 24 Stunden in uns unter Umständen 4½ Pfunde Sauerstoff und Kohlensäure hin und herzuschleppen, und so ohne alles Aufsehen und Geräusch oft mehr als 700 Liter Sauerstoff aus der Luft in sich zu verdichten und nahezu das gleiche Volum Kohlensäure wieder aus sich zu vergasen, während der gewöhnliche Beobachter kaum etwas von diesem regen, luftigen Verkehr ahnt. Bisher haben wir uns Import und Export in jedem Zeittheilchen ziemlich gleich vorgestellt, nun wissen wir aber, dass sich das wohl während eines grösseren Zeitraumes ausgleicht, dass aber die kleinen Fahrzeuge am Tag viel mehr Kohlensäure ausführen, als sie Sauerstoff einführen; hingegen in der Nacht, wo sie mit dem Exportgeschäfte weniger zu thun haben, holen sie es reichlich nach, und versorgen die entferntesten Gegenden unseres Körpers, und alle seine Organe mit Vorrath für den kommenden Tag und seine Mühen.

Die Versuche mit dem Respirationsapparate haben daher nicht bloss eine Bedeutung für die Fragen des Stoffwechsels, des Wachsthums und der Mästung, sondern noch für viele andere Fragen der Physiologie und Biologie, und namentlich auch für die einstige Krone der angewandten Naturwissenschaften, für die praktische Medicin.

Ich kann diese Mittheilung an die Akademie der Wissenschaften nicht schliessen, ohne Gefühlen der Pietät und Dankbarkeit Ausdruck zu geben, indem ich daran erinnere, dass unser höchstseliger weiland König Max II. es war, welcher mit fürstlicher Munificenz aus seiner Privatkasse die Summe von 8000 Gulden schenkte, um den Respirationsapparat hier

ins Leben zu rufen. Die Entdeckungen, die bereits damit gemacht worden sind, und deren eine viel grössere Zahl gewiss noch zu erwarten ist, dürften für jedermann beweisend sein, dass der königliche Geber der Wissenschaft nicht nur ein grosses, sondern auch ein nützliches Geschenk gemacht hat.







